

## ИЗПИТВАНЕ НА ПРОТИВОФРИКЦИОННИТЕ СВОЙСТВА НА СМАЗОЧНО МАСЛО С ДОБАВКА ОТ НАНОДИАМАНТ, СТАБИЛИЗИРАН СЪС СЪРФАКТАНТ

**Юлиян Караджов, Людмил Марков, Анна Бузекова-Пенкова**

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките  
e-mail: doctorka@abv.bg*

**Ключови думи:** нанодиамант, смазочно масло

**Резюме:** Разгледана е накратко възможността за получаване на стабилни суспензии на нанодиамант в органични масла като перспективни лубриканти. С помощта на специално разработен сърфактант (ПАВ) е получена такава суспензия и са изпитани противофрикционните и свойства. При продължителност на изпитването 60 минути най-силно намаляване на триенето дава добавка от 0.1% НД.

## MEASURING THE ANTIFRICTIONAL PROPERTIES OF A LUBRICANT OIL WITH ADDED NANODIAMOND STABILIZED WITH A SURFACTANT

**Julian Karadjov, Lyudmil Markov, Anna Bouzekova-Penkova**

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: doctorka@abv.bg*

**Keywords:** nanodiamond, lubricating oil

**Abstract:** A short review is given to the problem of producing stable nanodiamond suspensions in organic oils as prospective lubricants. A stable suspension was produced with the use of specially designed surfactant and its anti-frictional properties were tested. During a 60 mins test, the largest friction decrease was measured with an oil containing 0.1% nanodiamond.

### **Въведение**

Идеята за нанодиамантите като средство за намаляване коефициента на триене се основава на два възможни механизма. Първият, очевидно, е че нанодиамантите могат да действат като нано-абразив, който полира до съвършенство повърхността на триещите се детайли и така намалява триенето. Втората хипотеза е, че нанодиамантите под влияние на огромните напрежения в триещия се контакт се набиват в дефектите на кристалната решетка на метала, създавайки свръх-твърди центрове, които препятстват движението на дислокациите и по този начин придават на триещите се повърхности „свръх-твърди“ свойства и ниска изтриваемост.

Първите експерименти по измерване на коефициента на триене, проведени в секция „Космическо материалознание“ на ИКИТ-БАН са проведени още преди десетилетие. Въпреки отчетените впечатляващи резултати, по-късно повторени от редица групи в чужбина, простото внасяне на нанодиамант в смазочните масла е свързано с един сериозен проблем: нанодиамантите не могат да се диспергират добре и остават в смазочния материал във вид на относително едни агрегати. При това вероятно основната част от нанодиманта остава в маслото, без да участва във взаимодействието с триещите се повърхности. Този процес е силно зависим от особеностите на конкретната трибо-двойка, което прави ефектите, измерени

при определени условия, трудно предсказуеми и възпроизводими в случай на друга трибодвойка и при други условия.

Радикално решение на проблема би било разработката на метод за създаване на стабилна суспензия на нанодиаменти в масла. Опитите за използване на различни повърхностно-активни вещества (ПАВ), започнати от нашата група в сътрудничество с ВХТИ, не доведоха до съществен успех, въпреки че бяха използвани десетки познати и използвани в лубрикантите ПАВ от различен тип: катионни, анионни и неутрални. Няколко групи в чужбина успяха да създадат стабилни суспензии в неполярни органични среди чрез химическа модификация на повърхността на нанодиаментите, към която бяха прикачени дълги неполярни „опашки“.

Откритието, че полярните апротонни разтворители – за разлика от всички други течни среди – оптимално взаимодействат с повърхността на нанодиаментните частици [1], доведе до идеята за „конструиране“ на нетипичен ПАВ, който да съдържа полярни апротонни фрагменти, солюбилизиращи нанодиаманта, вместо класическите анионни, катионни или полиетиленоксидни полярни групи. Друга удачна наша догадка бе, че би било добре новият ПАВ да бъде „полиидентатен“, т.е. молекулата му да обединява няколко прости ПАВ молекули, което би засилило афинитета на ПАВ към повърхността на нанодиаментите. Синтезът на такъв ПАВ е описан в нашата предишна работа [2].

Тук ние докладваме първите резултати от изпитване на противофрикционните свойства на смазочно масло с добавка от нанодиамент, стабилизирани с ПАВ.

### Материали и методи

Като стандартен лубрикант бе използвано базово масло SN 500. Освен контролния образец (чисто базово масло), бяха приготвени суспензии от базово масло, съдържащи 0.3, 0.1, 0.03 и 0.01% нанодиамент и съответно 0.9, 0.3, 0.09 и 0.03% ПАВ; т.е. съотношението НД:ПАВ бе навсякъде 1:3.

Образецът масло, съдържащо най-висока концентрация НД и ПАВ, бе хомогенизиран в течение на 1 час при 8000 об/мин с помощта на механичен хомогенизатор Silverson. В течение на 6 месеца след хомогенизацията суспензията показва минимални признаци на седиментация; за сравнение, НД, суспендиран в масло без добавка от ПАВ се утаява в течение на само няколко дни. Образците с по-ниска концентрация на НД бяха приготвени чрез разреждане с чисто масло на образеца, съдържащ 0.3% НД.

Изпитването на противофрикционните свойства бе проведено в лабораторията на „Приста ойл“, Русе. ASTM D4172 е стандартен тест за определяне на противоизносните свойства на смазочни течности с четирисъчмена машина, при който се измерва диаметър на петното, получено при износването на триециите се повърхности в мм. ASTM D4172 изисква изпитването да се проведе в течение на 30 минути. За това време, обаче, ефектът на добавката от НД би могъл да не се прояви или да се прояви твърде слабо. Затова по наша молба времето на изпитването бе увеличено на 60 минути.

### Резултати

Резултатите от изпитването са показани в таблицата. Вижда се, че при посочените условия на експеримента, добавката от 0.1% води до най-силно намаляване на диаметъра на петното, т.е. на триенето. Не е изключено при по-дълго време на изпитването да се окаже оптимална друга концентрация на НД, по-ниска от измерената за 60 минути.

Концентрация на НД, %	0	0.3	0.1	0.03	0.01
Диаметър на петното, мм	1.02	0.95	0.85	0.95	0.98

### Заклучение

С помощта на специално разработения и синтезиран ПАВ е получена суспензия на НД в смазочно масло, която запазва седиментационна стабилност в течение на поне 6 месеца. Изпитването на противофрикционните свойства на базово масло SN 500 с добавка на НД, стабилизирани с ПАВ, показва, че в определен интервал от концентрации НД намалява триенето, като този ефект е най-силно изразен, когато маслото съдържа 0.1% НД.

Изказваме благодарности на фирма Chemoxide, която прояви интерес към използването на НД като добавка към смазочни материали; на фирма Silverson, която любезно ни предостави мощен хомогенизатор за експериментите; както и на екипа на изпитателната лаборатория на „Приста ойл“, който склони да внесе изменения в стандартната процедура.

#### **Литература:**

1. Stavrev, S. Y., Karadjov Y. et al, "Deaggregation of Nanosized Diamond Powders through Selective Alkilation of the Surface", collection of materials from the Scientific Conference "Space, ecology, safety", 10–13th Jun 2005, Varna, pages 366 – 368.
2. Караджов, Ю., Марков Л., Нанодиамантите като компонент на смазочни материали: от идеи към практическа реализация, JUBILEE INTERNATIONAL CONGRESS "40 YEARS BULGARIA – SPACE COUNTRY", стр. 51, ISBN 978-954-577-636-6